

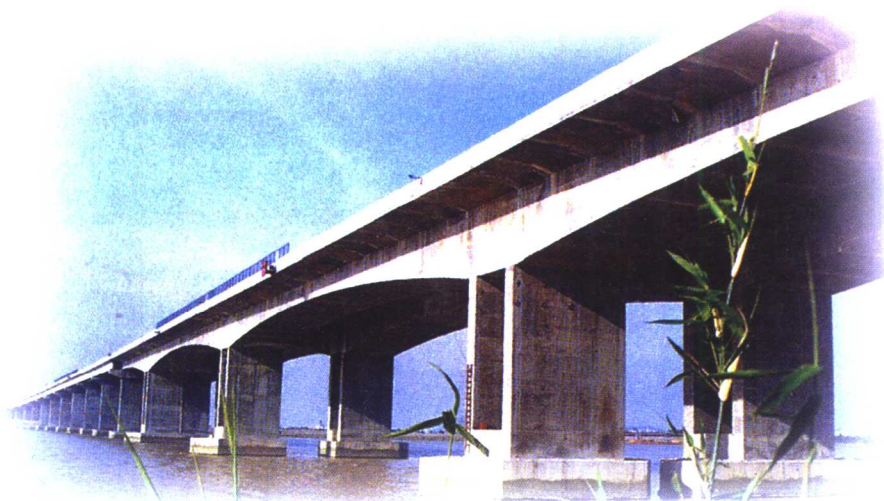


钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁 结构设计原理

Design of Reinforced and Prestressed
Concrete Bridge Structure

按新颁《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)编写

张树仁 郑绍珪 黄 侨 鲍卫刚 编著



人民交通出版社

China Communications Press

钢筋混凝土及 预应力混凝土桥梁结构设计原理

Gangjīn Hunningtu Ji Yuyīnglì Hunningtu
Qiaoliang Jiegou Sheji · Yuanlǐ

按新颁《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)编写

张树仁 郑绍珪 黄 侨 鲍卫刚 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书参照高等学校交通土建、桥梁工程和道路工程等专业结构设计原理(钢筋混凝土及预应力混凝土结构部分)课程教学大纲,结合新颁桥梁设计规范编写而成,该书系统地阐述了钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计的基本原理和方法。书中对新规范有关条文和计算公式的背景及应用注意事项作了解释性阐述,以使读者能准确理解规范的原意,正确应用规范进行桥梁工程结构的设计。

本书可作为高等院校交通土建、桥梁工程和道路工程专业《结构设计原理》课的教材,同时可作为从事公路及城市桥梁设计、科研、施工及管理人员学习和应用新规范的辅导材料。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计原理/张树仁等编著. —北京:人民交通出版社, 2004.8
(交通科技丛书)
ISBN 7-114-05198-0

I. 桥... II. 张... III. ①钢筋混凝土桥-桥梁结构-结构设计-高等学校-教材 ②预应力混凝土桥-桥梁结构-结构设计-高等学校-教材 IV. ①U448.33
②U448.35

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第083957号

交通科技丛书

书 名: 钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁结构设计原理

著 者: 张树仁 郑绍珪 黄 侨 鲍卫刚 编著

责任编辑: 韩 敏

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 28

字 数: 432千

版 次: 2004年9月第1版

印 次: 2004年9月第1版第1次印刷

书 号: ISBN 7-114-05198-0

印 数: 0001—6000册

定 价: 45.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)的修订工作前后历时6年多,将于2004年10月1日正式实施。在规范修订过程中,规范修订组会同哈尔滨工业大学、同济大学和湖南大学等单位进行了专题科研,并吸收借鉴了国内其他单位的相关科研成果和工程实践经验,借鉴了国际先进的标准规范,与国内相关规范进行了比较和协调。按《公路工程结构可靠度设计统一标准》(GB/T 50283—1999)的规定,新规范采用了以概率理论为基础的极限状态设计方法;改进了材料强度取值原则;增加了有关结构耐久性的规定;全面改进和补充了各种构件的承载力计算内容;改善了预应力混凝土受弯构件的抗裂限值、裂缝宽度及构件刚度的计算方法;对各种构件的构造要求也作了较全面的补充和完善。

为适应桥梁设计规范的变化,及时地更新教学内容是教学改革的核心。《结构设计原理》是交通土建、桥梁工程及道路工程专业的重要专业基础课,其内容应以我国现行桥梁设计规范为依据,反映桥梁及结构工程科研和工程实践的最新成果。

本书主要面向高等学校交通土建、桥梁工程及道路工程专业学生,其主要内容是根据结构设计原理(钢筋混凝土及预应力混凝土结构部分)课程教学大纲编排的。书中结合新规范系统地叙述了钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计的基本原理和方法;重点阐述了受弯构件、轴心受压构件、偏心受压构件、偏心受拉构件和受扭及弯扭构件的承载力、抗裂性、裂缝宽度和变形计算的基本原理和方法,并列举了大量的计算实例加以应用说明。本书可作为高等院校相关专业的本科生教材。

本书也可作为从事公路与城市桥梁设计、科研、施工及管理人员学习和应用新规范的辅导材料。笔者试图用浅显的文字,对新规范的有关条文和计算公式的背景及应用注意事项作解释性阐述,使读者准确理解规范的原意,正确地应用规范进行设计。

本书由哈尔滨工业大学张树仁、黄侨和新规范主要起草人中公公路规

划设计院郑绍珪、鲍卫刚共同编写,张树仁主编,郑绍珪主审。哈尔滨工业大学王宗林参与了第十五章综合例题的计算和编写工作,研究生马亮、宋建永、任远参与了部分例题计算和绘图工作。在本书编写过程得到了哈尔滨工业大学及中交公路规划设计院领导的关心和支持。人民交通出版社公路图书部韩敏、王霞等同志付出了辛勤的劳动,在此一并表示谢意。由于编者水平所限,书中难免有不妥或疏漏之处,敬请读者批评指正。

张树仁

2004年8月于哈尔滨

目 录

总论	1
第一章 钢筋混凝土结构材料的物理力学性能	6
§ 1-1 混凝土的物理力学性能	6
§ 1-2 钢筋的物理力学性能	24
§ 1-3 钢筋与混凝土之间的粘结	35
第二章 钢筋混凝土结构设计基本原理	39
§ 2-1 结构的可靠性概念	39
§ 2-2 极限状态与极限状态方程	41
§ 2-3 概率极限状态设计原理	44
§ 2-4 承载能力极限状态设计原则	49
§ 2-5 正常使用极限状态设计原则	57
§ 2-6 混凝土结构的耐久性设计	59
第三章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	66
§ 3-1 钢筋混凝土受弯构件构造要点	66
§ 3-2 钢筋混凝土梁正截面破坏状态分析	72
§ 3-3 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力极限状态 计算的一般问题	75
§ 3-4 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	80
§ 3-5 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	87
§ 3-6 T形截面受弯构件正截面承载力计算	91
§ 3-7 在正截面承载力计算中引入纵向受拉钢筋极限拉应变限制的 物理意义及控制方法	105
第四章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	109
§ 4-1 概述	109
§ 4-2 斜截面剪切破坏状态分析	110

§ 4-3	斜截面抗剪承载力计算	112
§ 4-4	变高度梁斜截面抗剪承载力计算	122
§ 4-5	斜截面抗弯承载力计算	127
§ 4-6	全梁承载能力校核	129
§ 4-7	综合例题:装配式钢筋混凝土简支 T 形梁设计	132
第五章	钢筋混凝土受压构件承载力计算	143
§ 5-1	轴心受压构件承载力计算	143
§ 5-2	偏心受压构件承载力计算的一般问题	152
§ 5-3	矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	159
§ 5-4	I 形(或箱形)截面偏心受压构件正截面承载力计算	174
§ 5-5	圆形截面偏心受压构件正截面承载力计算	183
§ 5-6	双向偏心受压构件正截面承载力计算	192
第六章	钢筋混凝土受拉构件承载力计算	196
§ 6-1	轴心受拉构件承载力计算	196
§ 6-2	偏心受拉构件承载力计算	197
第七章	钢筋混凝土受扭及弯扭构件承载力计算	200
§ 7-1	概述	200
§ 7-2	钢筋混凝土纯扭构件的承载力计算	202
§ 7-3	受弯、剪、扭共同作用的钢筋混凝土矩形截面构件的承载力计算	212
§ 7-4	复杂形式截面受扭构件的承载力计算	225
第八章	钢筋混凝土构件持久状况正常使用极限状态计算	230
§ 8-1	钢筋混凝土构件裂缝宽度计算	230
§ 8-2	钢筋混凝土受弯构件变形计算	236
第九章	钢筋混凝土结构短暂状况应力验算	240
§ 9-1	钢筋混凝土受弯构件短暂状况正截面应力验算	241
§ 9-2	钢筋混凝土受弯构件短暂状况斜截面应力验算	243
第十章	钢筋混凝土深受弯构件承载能力极限状态计算	251
§ 10-1	深受弯构件的受力性能	251
§ 10-2	深梁的配筋及构造要求	254
§ 10-3	深梁的内力计算	256

§ 10-4	深受弯构件的承载力计算	258
§ 10-5	钢筋混凝土盖梁(短梁)的承载力计算	259
第十一章	预应力混凝土结构的一般问题	265
§ 11-1	预应力混凝土的基本原理	265
§ 11-2	预加力的实施方法	268
§ 11-3	预应力钢筋的锚固	271
§ 11-4	预应力损失	276
§ 11-5	预应力混凝土受弯构件各受力阶段分析	290
§ 11-6	预应力混凝土结构设计计算的主要内容	293
第十二章	预应力混凝土结构持久状况承载力极限状态计算	295
§ 12-1	预应力混凝土受弯构件正截面承载力计算	295
§ 12-2	预应力混凝土受弯构件斜截面承载力计算	302
§ 12-3	预应力混凝土偏心受压构件正截面承载力计算	306
§ 12-4	预应力混凝土受扭及弯扭构件承载力计算	310
§ 12-5	锚下局部承压承载力计算	311
第十三章	预应力混凝土结构持久状况正常使用极限状态计算	318
§ 13-1	预应力混凝土受弯构件的抗裂性验算	318
§ 13-2	部分预应力混凝土 B 类构件的裂缝宽度计算	325
§ 13-3	预应力混凝土受弯构件的变形计算	327
第十四章	预应力混凝土结构持久状况和短暂状况构件 的应力计算	331
§ 14-1	全预应力混凝土及部分预应力混凝土 A 类构件使用荷 载作用阶段的应力验算	331
§ 14-2	部分预应力混凝土 B 类构件开裂后的应力验算	334
§ 14-3	预应力混凝土受弯构件短暂状况应力验算	339
第十五章	预应力混凝土简支梁设计	342
§ 15-1	预应力混凝土简支梁设计的主要内容和计算步骤	342
§ 15-2	预应力混凝土简支梁的截面设计	343
§ 15-3	预应力混凝土简支梁的配筋设计	346
§ 15-4	组合式受弯构件设计特点	356
§ 15-5	综合例题:预应力混凝土简支梁设计	366
附录:		417
附表 1:	混凝土强度	417

附表 2:混凝土的弹性模量	418
附表 3:普通钢筋强度	418
附表 4:预应力钢筋抗拉强度标准值	418
附表 5:预应力钢筋抗拉、抗压强度设计值	419
附表 6:钢筋的弹性模量	419
附表 7:混凝土相对界限受压区高度(受压区高度界限系数)	420
附表 8:普通钢筋和预应力直线形钢筋最小混凝土保护层厚度	420
附表 9:钢筋的计算截面面积及理论质量	420
附表 10:每米板宽内的钢筋截面面积	421
附表 11:预应力钢筋公称截面面积和公称质量	422
附表 12:圆形截面钢筋混凝土偏心受压构件正截面抗压 承载力计算系数	424
附图 1~7:圆形截面钢筋混凝土偏心构件正截面 承载力计算诺模图	427
参考文献	434

总 论

一、钢筋混凝土的基本概念

钢筋混凝土是由两种力学性能截然不同的材料——钢筋和混凝土结合成整体,共同发挥作用的一种建筑材料。

众所周知,混凝土是一种典型的脆性材料,其抗压强度很高,但抗拉强度很低(约为抗压强度的 $1/18 \sim 1/8$)。图 1a)所示为一根素混凝土梁的受力情况,在两个对称的集中力 P_1 的作用下,梁的上部受压、下部受拉。取跨中纯弯曲段为研究对象,随着荷载 P_1 的增加,梁下部受拉区的拉应变(拉应力)和上部受压区的压应变(压应力)不断增大。当下部受拉区边缘的拉应变达到混凝土极限拉应变时,下缘即出现竖直的裂缝。在裂缝截面处受拉区混凝土退出工作,受压区高度减小,即使荷载不再增加,竖向裂缝也会急速向上发展,导致梁的突然断裂[图 1a)]。对应于下部受拉区边缘拉应变等于混凝土极限拉应变的荷载 P_c 为素混凝土梁受拉区出现裂缝的荷载,一般称为素混凝土梁的开裂荷载,也就是素混凝土梁的破坏荷载。换句话说,素混凝土梁的承载力是由混凝土的抗拉强度控制的,而混凝土所具有的优越抗压性能则远远未能充分利用。

为了提高混凝土梁的承载力,充分发挥混凝土优越的抗压作用,可采用以下两个解决办法:

(1)在梁的受拉区配置适量的纵向钢筋,构成钢筋混凝土梁[图 1b)]。

在梁的受拉区配置纵向钢筋,以承担拉力,混凝土承担压力,两者结合为整体共同工作。钢筋混凝土梁的试验研究表明,钢筋混凝土梁与截面尺寸相同的素混凝土梁的开裂荷载 P_c 基本相同。当荷载略大于开裂荷载 P_c 时,梁的受拉区仍会出现裂缝,裂缝处截面受拉区的混凝土逐渐退出工作,拉力转由钢筋承担。随着荷载的增加,钢筋的拉应力和受压区混凝土的压应力将不断增大,直至钢筋的拉应力达到其屈服强度,继而受压区混凝土被压碎,梁才宣告破坏。由此可见,在钢筋混凝土梁中混凝土的抗压强度和钢筋的抗拉强度都得到了充分发挥,因而,其承载力可较素混凝土梁有较大提高。

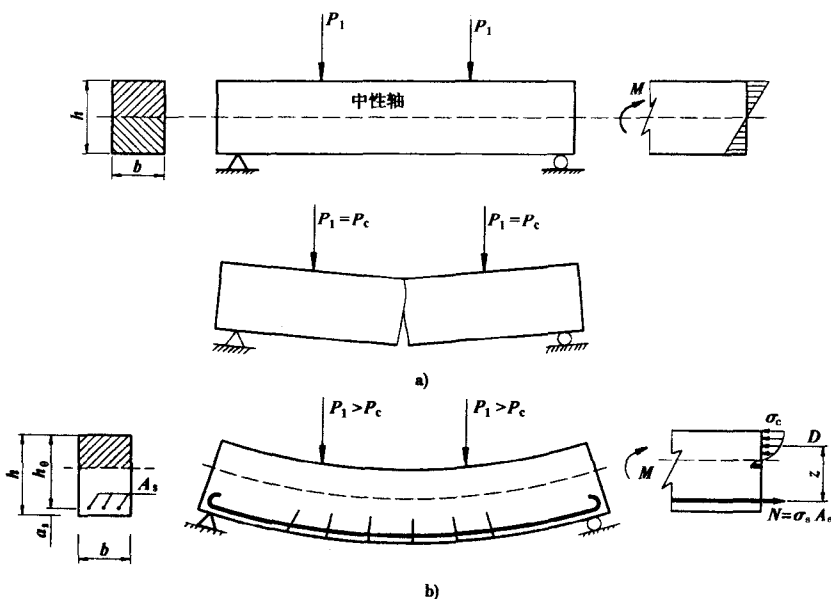


图1 素混凝土和钢筋混凝土梁

(2)对混凝土梁施加预压应力,形成预应力混凝土梁(图2),使混凝土储备一定的压应力,用以抵消或减小外荷载产生的拉应力。

以图2所示的混凝土梁为例,为防止承受荷载后梁的下部出现过大的拉应力而开裂,在荷载作用之前对混凝土梁的受拉区施加一对预加力 N_p ,使得混凝土获得一定的预压应力 σ_{pc} 。在外荷载作用下,梁的下部将产生拉应力 σ_t ,上部将产生压应力 σ_c 。于是梁内任意一点的合成应力为:

$$\sigma_{ce} = \sigma_{pc} - \sigma_t$$

或

$$\sigma_{ce} = \sigma_{pc} + \sigma_c$$

如果预先储备的预压应力 σ_{pc} ,足以抵消外荷载产生的拉应力 σ_t ,即控制受拉边缘的合成应力满足下列条件:

$$\sigma_{ce} = \sigma_{pc} - \sigma_t \geq 0$$

在荷载作用后,梁的下缘就不会出现拉应力,全梁均处于受压状态。

工程上通常是采用张拉钢筋的办法对混凝土施加预压应力。这从施工工艺上有先张法和后张法之分。钢筋张拉后通过与混凝土间的粘结力或专

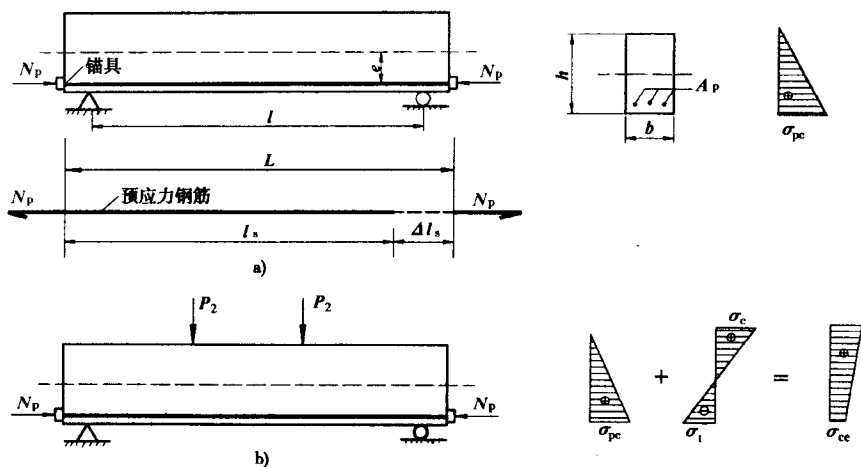


图2 预应力混凝土工作原理

门的锚具将其锚固,传力于混凝土,使混凝土获得预压应力。

从组成材料来看,钢筋混凝土和预应力混凝土同属配筋混凝土的范畴,都是由钢筋和混凝土两种力学性能不同的材料组成的复合结构。尽管其工作原理不同,但作为配筋混凝土结构有很多共同的特性,钢筋和混凝土结合为一个整体共同受力。

钢筋和混凝土两种力学性能不同的材料,结合在一起之所以能有效地共同工作,是基于以下理由:

(1)混凝土干缩硬化后能产生较大的粘结力(或称握裹力),使钢筋与混凝土能很好地结合为一个整体,从而在荷载作用下能共同变形;

(2)钢筋与混凝土具有大致相同的温度膨胀系数,钢材为 1.2×10^{-5} ,混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}$ 。这样,当温度变化时,不致因产生过大的温度应力而破坏两者之间的粘结力,可以保证两者的共同工作;

(3)包裹在钢筋外围的混凝土,可以保护钢筋免于锈蚀,保证结构具有良好的耐久性,这是因为水泥水化作用后,产生碱性反应,在钢筋表面产生一种水泥石质薄膜,可以防止有害介质的直接侵蚀;因此,为了保证结构的耐久性,混凝土应具有较好的密实度,并留有足够厚度的保护层。

二、钢筋混凝土结构的优缺点

钢筋混凝土结构问世大约已有一百年,在世界各国的土木工程中得到了广泛的应用,其主要原因在于它具有下述一系列优点。

1. 经济性

作为钢筋混凝土的主要材料之一的混凝土,其主要成分为砂和石子,一般均较易就地取材,且价格便宜。水泥用量所占比例一般为 12% ~ 15%,其价格也比钢材、木材便宜。钢材虽价格较高,但用量很小,一般只占混凝土截面面积的 0.3% ~ 3% 左右。因而,经济性较好。

2. 耐久性

混凝土的强度随时间的增加而增长,且钢筋受到混凝土的保护而不易锈蚀,所以钢筋混凝土结构具有较好的耐久性。

3. 整体性

钢筋混凝土结构(特别是整体浇筑的结构)构件之间是通过钢筋和混凝土的一次性浇筑连接为整体的,其整体性好,对于结构的空间受力、抵抗风振、地震及强烈冲击作用都具有较好的工作性能。

4. 可模性

钢筋混凝土可以根据设计需要,浇筑成各种形状和尺寸的构件。只要模板设计成型,结构的外形尺寸也随之而定,具有可模性。特别适合于结构形状复杂或对建筑造型有较高要求的建筑物。

5. 耐火性

混凝土热惰性大,传热慢,对包围在其中的钢筋有防火保护作用。实践表明,对有足够厚度混凝土保护层的钢筋混凝土结构,火灾持续时间不长时,不致因钢筋受热软化而造成结构的整体坍落破坏。

同时也应看到,钢筋混凝土存在以下缺点。

1. 自重大

钢筋混凝土结构本身自重大。设计结构物时,若结构本身自重过大,则结构抗力大部分用来承受恒载,这样是不经济的。为了改善混凝土结构自重大的缺点,世界各国都大力发展轻质、高强度混凝土。轻质混凝土制成的结构自重较普通混凝土可减少 20% ~ 30%。

2. 抗裂性差

混凝土的抗拉强度低,钢筋混凝土结构容易出现裂缝。实践表明,只要将裂缝宽度控制在允许宽度(一般规定为 0.15 ~ 0.2mm)之内,裂缝对混凝土的耐久性影响不大。

3. 施工受季节性气候影响大

在冬季和雨季现场就地浇筑混凝土时,须采取必要的防护措施,增加了施工费用,且质量也不易得到保证。因此,钢筋混凝土的发展方向之一,就

是要大量发展工业化、工厂化的装配式结构。

预应力混凝土结构是为了解决钢筋混凝土结构抗裂性的矛盾而发展起来的新型结构,其主要优点是:

(1)由于预加力的作用,较好地解决了钢筋混凝土结构的裂缝问题。可以根据构件的受力特点和使用条件,控制裂缝的出现或裂缝开展宽度。预加应力的作用,还改善了构件的受力性能,提高了构件的刚度,减小了构件的变形。

(2)预应力混凝土结构可以合理地利用高强度材料(高强度混凝土和高强度钢筋),使构件的截面尺寸减小,自重减轻,增大结构的跨越能力。

(3)提高结构的耐久性。预加力能有效地控制混凝土的开裂或裂缝的开展宽度,减小了有害介质对钢筋的侵蚀;另一方面由于高强度混凝土密实度的提高也提高了结构的耐久性,延长了结构的使用年限。

预应力混凝土成功的历史,至今不到 70 年,但是由于它具有许多优点,使其在国内外土木工程中得到广泛的应用。在桥梁工程中,预应力混凝土仍然是重要的建桥材料之一。

预应力混凝土结构是一种先进的结构形式,预应力混凝土技术作为工程建设领域内的一项高新技术,标志着一个国家的建筑技术水平。我国预应力混凝土技术从 20 世纪 50 年代起步后发展迅速,目前已进入高效预应力混凝土结构的新阶段。我们深信随着人们对结构性能要求的提高和科研工作的不断深入,以及大量工程实践的经验积累,作为工程结构最主要建筑材料的钢筋混凝土和预应力混凝土必将有一个新的发展。

第一章 钢筋混凝土结构材料的物理力学性能

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种力学性能截然不同的材料组成的复合结构。正确合理地进行钢筋混凝土结构设计,必须掌握钢筋混凝土结构材料的物理力学性能。钢筋混凝土结构材料的物理力学性能是指钢筋混凝土组成材料——混凝土和钢筋各自的强度及变形的变化规律,以及两者结合组成钢筋混凝土材料后的共同工作性能。这些都是建立钢筋混凝土结构设计计算理论的基础,是学习和掌握钢筋混凝土结构构件工作性能应具备的基本知识。

§ 1-1 混凝土的物理力学性能

一、混凝土强度

混凝土强度是混凝土的重要力学性能,是设计钢筋混凝土结构的重要依据,它直接影响结构的安全和耐久性。

混凝土的强度是指混凝土抵抗外力产生的某种应力的能力,即混凝土材料达到破坏或开裂极限状态时所能承受的应力。混凝土的强度除受材料组成、养护条件及龄期等因素影响外,还与受力状态有关。

(一)混凝土的抗压强度

在混凝土及钢筋混凝土结构中,混凝土主要用以承受压力,因而研究混凝土的抗压强度是十分必要的。

试验研究表明,混凝土的抗压强度除受组成材料的性质、配合比、养护环境、施工方法等因素影响外,还与试验方法及试件的尺寸和形状有关。

混凝土抗压强度与试验方法有着密切的关系。如果在试件的表面和压力机的压盘之间涂一层油脂,其抗压强度比不涂油脂的试件低很多,破坏形式也不相同(图 1-1-1)。

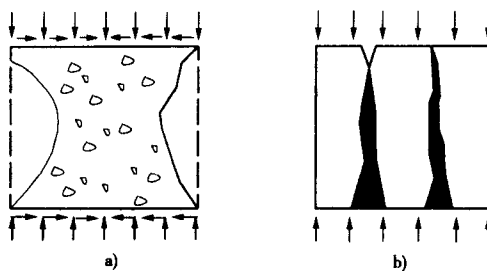


图 1-1-1 混凝土试件的破坏形态

a)不涂润滑剂;b)涂润滑剂

未加油脂的试件表面与压力机压盘之间存在向内的摩阻力,摩阻力像箍圈一样,对混凝土试件的横向变形产生约束,延缓了裂缝的开展,提高了试件的抗压极限强度。当压力达到极限值时,试件在竖向压力和水平摩擦力的共同作用下沿斜向破坏,形成两个对称的角锥形破坏面。如果在试件表面涂抹一层油脂,试件表面与压力机压盘之间的摩阻力将大大减小,对混凝土试件横向变形的约束作用几乎没有。最后,试件由于形成了与压力方向平行的裂缝而破坏,所测得的抗压极限强度较不加油脂者低很多。

混凝土的抗压强度还与试件的形状有关。试验表明,试件的高宽比 h/b 越大,所测得的强度越低。当高宽比 $h/b \geq 3$ 时,强度变化就很小了。这反映了试件两端与压力机压盘之间存在的摩阻力,对不同高宽比的试件混凝土横向变形的约束影响程度不同。试件的高宽比 h/b 越大,支端摩阻力对试件中部的横向变形的约束影响程度就越小,所测得的强度也越低。当高宽比 $h/b \geq 3$ 时,支端摩阻力对混凝土横向变形的约束作用就影响不到试件的中部,所测得的强度基本上保持一个定值。

此外,试件的尺寸对抗压强度也有一定影响。试件的尺寸越大,实测强度越低,这种现象称为尺寸效应。一般认为这是由混凝土内部缺陷和试件承压面摩阻力影响等因素造成的。试件尺寸大,内部缺陷(微裂缝,气泡等)相对较多,端部摩阻力影响相对较小,故实测强度较低。根据我国的试验结果,若以 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的立方体试件的强度为准,对 $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 立方体试件的实测强度应乘以尺寸修正系数 1.05;对 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 立方体试件的实测强度应乘以尺寸修正系数 0.95。

为此,我们在定义混凝土抗压强度指标时,必须把试验方法、试件形状及尺寸等因素确定下来,在统一基准上建立的强度指标才有可比性。

混凝土抗压强度有两种表示方法:

1. 立方体抗压强度

我国规范习惯于用立方体抗压强度作为混凝土强度的基本指标。新修订的《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)(以下简称《桥规》(JTG D62))规定的立方体抗压强度标准值系指采用按标准方法制作、养护至 28d 龄期的边长为 150mm 立方体试件,以标准试验方法(试件支承面不涂油脂)测得的具有 95% 保证率的抗压强度(以 MPa 计),记为 $f_{cu,k}$ 。

$$f_{cu,k} = \mu_{\bar{n}_{150}}^s - 1.645\sigma_{n_{150}} = \mu_{\bar{n}_{150}}^s(1 - 1.645\delta_{n_{150}}) \quad (1-1-1)$$

式中: $f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值(MPa);

$\mu_{\bar{n}_{150}}^s$ ——混凝土立方体抗压强度平均值(MPa);

$\sigma_{n_{150}}$ ——混凝土立方体抗压强度的标准差(MPa);

$\delta_{n_{150}}$ ——混凝土立方体抗压强度的变异系数, $\delta_{n_{150}} = \sigma_{n_{150}}/\mu_{\bar{n}_{150}}^s$ 。其数值可按表 1-1-1 采用。

混凝土强度变异系数

表 1-1-1

$C_{cu,k}$	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
$\delta_{n_{150}}$	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10

《桥规》(JTG D62)规定的混凝土强度等级按边长为 150mm 的立方体抗压强度标准值确定,并冠以 C 表示,如 C30 表示 30 级混凝土。

应该指出,世界各国规范中用以确定混凝土强度等级的试件形状和尺寸不尽相同,有采用立方体试件,也有采用圆柱体试件。采用立方体强度划分混凝土强度等级的国家除中国外,尚有德国(200mm 立方体)、俄罗斯(150mm 立方体)和英国(150mm 立方体)等;采用圆柱体强度的有美国、日本等,CEB-FIP 制订的《国际标准规范》亦采用圆柱体强度,试件的尺寸为直径 6 in(约为 150mm),高度 12in(约为 300mm),其标准强度称为特征强度。根据我国的试验资料,圆柱体强度与 150mm 立方体强度之比为 0.83 ~ 1.04,平均值为 0.94;但过去我国习惯于按与 200mm 立方体强度之比为 0.85 进行换算。考虑到新旧规范立方体强度试件尺寸和取值保证率的不同,圆柱体强度与《桥规》(JTG D62)规定的边长为 150mm 立方体强度之比,可近似地按 0.85 换算。

公路桥涵受力构件的混凝土强度等级可采用 C20 ~ C80,中间以 5MPa 进级。C50 以下为普通强度混凝土,C50 及以上为高强度混凝土。

公路桥涵混凝土强度等级的选择应按下列规定采用:

(1)钢筋混凝土构件不应低于 C20,当采用 HRB400、KL400 级钢筋配筋